

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-313691

(43)Date of publication of application : 14.11.2000

(51)Int.Cl.

C30B 15/20
C30B 29/06
H01L 21/208

(21)Application number : 11-122796

(71)Applicant : KOMATSU ELECTRONIC METALS CO
LTD
KOMATSU LTD

(22)Date of filing : 28.04.1999

(72)Inventor : HANAMOTO TADAYUKI
MORIMOTO SHIGEO
MORIYA MASATO
KOTOOKA TOSHIRO

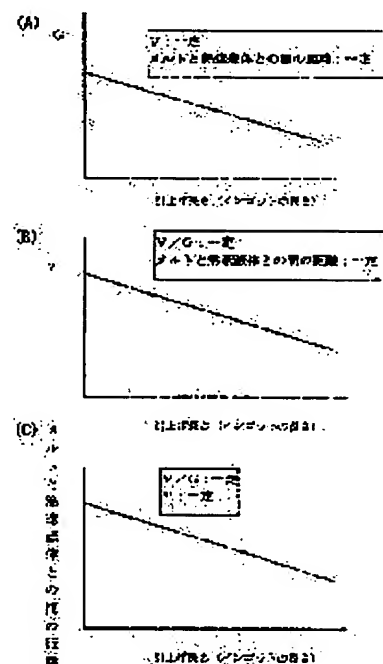
(54) APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING SINGLE CRYSTAL INGOT BY CZOCHRALSKI METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide both an apparatus and a method for producing a perfect single crystal in good reproducibility in a single crystal growth in an apparatus for producing a single crystal ingot by a Czochralski method.

SOLUTION: In this apparatus for producing a single crystal ingot by a Czochralski method, the apparatus is equipped with a means of measurement for measuring the distance from the bottom of a heat shielding body to the liquid level of a raw material melt and the controls of pulling conditions such as the heat amount for the silicon melt, the liquid level of the silicon melt, pulling rate of silicon single crystal ingot, etc., are carried out based on the distance measured by the means.

Consequently the temperature gradient of G1 region of the pulled silicon single crystal ingot is adjusted to give a perfect crystal in excellent reproducibility.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

BEST AVAILABLE COPY

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the CZ process single crystal ingot manufacturing installation which raises a single crystal ingot from raw material melt. In a CZ process single crystal ingot manufacturing installation equipped with the thermal shield which adjusts the amount of the heat with which surrounds the single crystal ingot (following and raising single crystal ingot) which can be being pulled up, and the raising single crystal ingot concerned is filled The CZ process single crystal ingot manufacturing installation characterized by having a measurement means to measure the distance from the pars basilaris ossis occipitalis of said thermal shield to a raw material melt oil level, and the controller which controls the raising conditions of a single crystal ingot based on the distance measured by this measurement means.

[Claim 2] The CZ process single crystal ingot manufacturing installation according to claim 1 characterized by having the cooler which cools said a part of raising single crystal ingot.

[Claim 3] It is the CZ process silicon single crystal ingot manufacturing installation characterized by being one or more things chosen from the group which consists of the amount [as opposed to / in a CZ process single crystal ingot manufacturing installation according to claim 1 or 2, the equipment concerned is a silicon single crystal ingot manufacturing installation, and / silicon melt in the raising condition] of heating, oil-level level of a silicon melt oil level, and a raising rate of a silicon single crystal ingot (following and raising silicon single crystal ingot) that can be being pulled up.

[Claim 4] The perfect-crystal silicon wafer cut down and manufactured from the silicon single crystal ingot according to claim 3.

[Claim 5] It is the CZ process silicon single crystal ingot manufacture approach of manufacturing a silicon single crystal ingot by raising a silicon single crystal ingot from silicon melt. The distance from the pars basilaris ossis occipitalis of the thermal shield which adjusts the amount of the heat with which surrounds the silicon single crystal ingot (following and raising silicon single crystal ingot) which can be being pulled up, and the raising silicon single crystal ingot concerned is filled to a silicon melt oil level is measured. The amount [as opposed to / at least / the "aforementioned silicon melt based on the distance measured by this measurement means] of heating, the oil-level level of a silicon melt oil level -- and The CZ process single-crystal-silicon manufacture approach characterized by adjusting the temperature gradient of the part of G1 field of said raising silicon single crystal ingot by controlling one or more things chosen from the group which consists of a raising rate of a raising silicon single crystal ingot."

[Claim 6] The CZ process single-crystal-silicon manufacture approach according to claim 5 of raising speeding up [of the single crystal raising silicon single crystal ingot concerned] by enlarging the temperature gradient of the part of G1 field of the single crystal raising silicon single crystal ingot concerned by cooling the lower part of said raising silicon single crystal ingot.

[Claim 7] The CZ process single-crystal-silicon manufacture approach according to claim 5 characterized by promoting formation of the perfect crystal in the crystal growth direction by promoting stripping of the conductive heat of the raising direction inside the single crystal raising silicon single crystal ingot concerned, and making small the difference of the temperature gradient by the side of the core of the part of G1 field of the single crystal raising silicon single crystal ingot concerned, and the temperature gradient by the side of a front face by cooling the upper part of said single crystal raising silicon single crystal ingot.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to suitable equipment and a suitable approach to manufacture the equipment and the approach of manufacturing a silicon ingot with the Czochralski method (the following, CZ process), especially a good perfect-crystal silicon wafer.

[0002]

[Description of the Prior Art] The crystal defect generated during growth of CZ silicon single crystal obtained by the Czochralski method (the following, CZ process) has an adverse effect on the dependability of the gate oxide of an MOS device, PN junction leak property, etc. For this reason, although it is necessary to reduce such a crystal defect as much as possible, for control of crystal defect generating, the purport with effective pulling up in a furnace and controlling the ratio "V/G" of the raising rate V of an inner single crystal ingot (following and single crystal raising ingot) and the temperature gradient G of the single crystal raising ingot concerned appropriately is pointed out (JP,8-337490,A etc.).

[0003] Although the artificers concerning previous JP,8-337490,A have got perfect crystal about this by controlling appropriately V/G of a before [from 1300 degrees C / the silicon melting point] (in 1993 (Heisei 5)) The 54th Japan Society of Applied Physics scientific lecture meeting (from September 27, 1993 to 30 days), the collection of the 54th Japan Society of Applied Physics scientific lecture meeting lecture drafts -- No.1, p303, 29 a-HA-7:JP,8-330316,A, and these people by controlling appropriately V/G of a before [from 1350 degrees C / the silicon melting point] The perfect crystal of silicon has been obtained on more suitable conditions (Japanese Patent Application No. No. 330713 [ten to]).

[0004] However, in order to obtain perfect crystal in Czochralski crystal training, V and G must be controlled to high degree of accuracy. For example, according to above-mentioned Japanese Patent Application No. No. 330713 [ten to], for perfect-crystal training, it is shown that it is necessary to control so that V/G (mm²/degree C and min) which is the ratio of the temperature gradient G (degree C/min) the training rate V (mm/min) and near the crystal interface becomes 0.16 to about 0.18.

[0005] However, a perfect-crystal field was not able to be made to form [in / as a result / since it is that from which G changes every moment during crystal training even when V is controlled uniformly temporarily, follow the change, and V/G value also changes, and / the crystal growth direction] with the sufficient yield.

[0006] Then, the temperature distribution inside single crystal are operated by searching for the temperature distribution inside single crystal by temperature-distribution count in [whole] a furnace which used the thermal rating, and carrying out cutoff and/or an echo of the radiation from melt using the temperature distribution searched for, and while operating V so that V/G (mm²/degree C and min) may be controlled by desired value, he is trying to operate G by cutoff and/or an echo of the radiation from melt with the conventional technique (JP,8-268794,A).

[0007] In this conventional technique, adjustment of cutoff of the radiation from melt is equipped with the device to which the radiation blocker (thermal shield) is moved up and down as a thing for being made to carry out by changing the location of the thermal shield with which the latest Czochralski method single crystal ingot manufacturing installation is equipped standardly, and controlling the amount of cutoff of the radiation to a single crystal from melt. Moreover, with this conventional technique, the amount of echoes is controlled by trying to install the high radiation reflective object of a reflection factor above melt, and adjusting the include angle of this reflective object as a thing for reflecting the radiation light from melt.

[0008] In addition, in order to search for the temperature gradient G of the crystal orientation in the temperature requirement to 1300 degrees C, a thing called G calculating machine is used, and he is trying to

compute G with this conventional technique by inputting many information, such as positional information of the radiation blocker, and include-angle information on a radiation reflective object, to the G calculating machine concerned. And while a V/G controller calculates V/G from G called for by G computing element, and the single-crystal-growth rate V, G is controlled and it is made to control whole V/G by operating V so that the calculated value may carry out - ** with the V/G set point, and operating the location of the radiation blocker, and the include angle of a radiation reflective object according to it eventually.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the member and device for performing it are needed for an excess when V/G is made to be controlled by changing the location of a thermal shield etc. like the above-mentioned conventional technique (JP,8-268794,A), disadvantageous profit called buildup of components mark, complication of control, etc. is caused. By the approach shown in JP,8-268794,A, since it is made to control the temperature gradient G near an interface by adjusting cutoff and an echo of the radiation from melt using the various above control units, the device for performing position control of a thermal shield and include-angle control of a reflective object is needed separately, and, more specifically, control of V/G is also very complicated in connection with it.

[0010] Moreover, according to the above-mentioned conventional technique, since calculation of the temperature gradient for V/G calculation is fundamentally performed by the guess by the simulation of a temperature condition, V/G is not adjusted completely reflecting the condition in a furnace. therefore, V - even if it is a law, the situation where G is not controlled actually may also be produced. And in such a case, perfect crystal cannot be obtained with the sufficient yield in the crystal growth direction.

[0011] This invention is made in view of the above technical problems, and it aims at offering the equipment and the approach that perfect crystal is obtained with sufficient repeatability in single crystal growth. Moreover, it aims at offering the device or the control approach of adjusting V/G in a CZ process single crystal ingot manufacturing installation, without changing the location of a thermal shield etc.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above technical problems, in the CZ process single crystal ingot manufacturing installation and approach concerning this invention, the location of a thermal shield is fundamentally made into immobilization, and it is characterized by feeding back from the measured value of the distance from the pars basilaris ossis occipitalis of a thermal shield to a raw material melt oil level, and controlling the raising conditions of a single crystal ingot.

[0013] Since the crucible which is storing silicon melt goes up in the CZ process single crystal ingot manufacturing installation here so that lowering of the raw material melt oil level accompanying reduction of the raw material melt by raising of a single crystal ingot may be compensated, fundamentally, the distance from a thermal shield pars basilaris ossis occipitalis to a raw material melt oil level is fixed. However, the distance concerned may change with deformation of the thermal shield produced by the inequality of the rate of rise and fall of a crucible, the unsuitableness of the control, or red heat in a furnace, change of raw material melt oil levels, such as a capillary wave, etc. minutely. Even if this invention persons were change of the distance from such a thermal shield pars basilaris ossis occipitalis to a raw material melt oil level of a millimeter unit, they came to complete a header and this invention for it being the factor which can never be disregarded in a perfect-crystal manufacture process in fact.

[0014] Even if it may make a thermal shield go up and down in a macroscopic viewpoint, before this invention, it is not even tuned finely and even the suggestion about the need is not made. Especially the thing for which the raising conditions of a single crystal ingot are changed corresponding to minute change of the distance from the soffit of a thermal shield to a raw material melt oil level of a millimeter unit was not performed. This invention has a technical meaning in a perfect-crystal manufacture process in the one aspect of a certain to deal with minute change of the distance from the soffit of a thermal shield to a raw material melt oil level of a millimeter unit as one of the big factors which determines the raising conditions of a single crystal ingot.

[0015] More specifically in this invention, the following CZ process single crystal ingot manufacturing installations are offered.

[0016] (1) It is the CZ process single crystal ingot manufacturing installation which raises a single crystal ingot from raw material melt. In a CZ process single crystal ingot manufacturing installation equipped with the thermal shield which adjusts the amount of the heat with which surrounds the single crystal ingot (following and raising single crystal ingot) which can be being pulled up, and the raising single crystal ingot concerned is filled The CZ process single crystal ingot manufacturing installation characterized by having a measurement means to measure the distance from the pars basilaris ossis occipitalis of said thermal shield to

a raw material melt oil level, and the controller which controls the raising conditions of a single crystal ingot based on the distance measured by this measurement means.

[0017] (2) The CZ process single crystal ingot manufacturing installation of the above-mentioned publication characterized by having the cooler which cools said a part of raising single crystal ingot.

[0018] (3) It is the CZ process silicon single crystal ingot manufacturing installation characterized by being one or more things chosen from the group which consists of the amount [as opposed to / in the CZ process single crystal ingot manufacturing installation of the above-mentioned publication, the equipment concerned is a silicon single crystal ingot manufacturing installation, and / silicon melt in the raising condition] of heating, oil-level level of a silicon melt oil level, and a raising rate of a silicon single crystal ingot (following and raising silicon single crystal ingot) that can be being pulled up.

[0019] (4) The perfect-crystal silicon wafer cut down and manufactured from the silicon single crystal ingot of the above-mentioned publication.

[0020] Moreover, in this invention, the following CZ process single-crystal-silicon manufacture approaches are offered.

[0021] (5) It is the CZ process silicon single crystal ingot manufacture approach of manufacturing a silicon single crystal ingot by raising a silicon single crystal ingot from silicon melt. The distance from the pars basilaris ossis occipitalis of the thermal shield which adjusts the amount of the heat with which surrounds the silicon single crystal ingot (following and raising silicon single crystal ingot) which can be being pulled up, and the raising silicon single crystal ingot concerned is filled to a silicon melt oil level is measured. The amount [as opposed to / at least / the "aforementioned silicon melt based on the distance measured by this measurement means] of heating, the oil-level level of a silicon melt oil level -- and The CZ process single-crystal-silicon manufacture approach characterized by adjusting the temperature gradient of the part of G1 field of said raising silicon single crystal ingot by controlling one or more things chosen from the group which consists of a raising rate of a raising silicon single crystal ingot."

[0022] (6) said -- raising -- a silicon single crystal -- an ingot -- the lower part -- cooling -- things -- being concerned -- a single crystal -- raising -- a silicon single crystal -- an ingot -- G -- one -- a field -- a part -- a temperature gradient -- large -- carrying out -- things -- being concerned -- a single crystal -- raising -- a silicon single crystal -- an ingot -- raising -- a rate -- speeding up -- the above -- (-- five --) -- a publication -- a CZ process -- single crystal silicon -- manufacture -- an approach .

[0023] (7) said -- a single crystal -- raising -- a silicon single crystal -- an ingot -- the upper part -- cooling -- things -- being concerned -- a single crystal -- raising -- a silicon single crystal -- an ingot -- the interior -- raising -- a direction -- the conductive heat -- stripping -- promoting -- being concerned -- a single crystal -- raising -- a silicon single crystal -- an ingot -- G -- one -- a field -- a part -- a core -- a side -- a temperature gradient -- a front face -- a side -- a temperature gradient -- a difference -- small -- carrying out -- things -- crystal growth -- a direction -- it can set -- perfect crystal -- formation -- promoting -- making -- things -- the description -- ** -- carrying out -- the above -- (-- five --) -- a publication -- a CZ process -- single crystal silicon -- manufacture -- an approach .

[0024] [A terminological definition etc. says] hot saws supplied from the perimeter of a raising single crystal ingot to the raising single crystal ingot concerned, such as radiant heat from a melt oil level, and exposure heat from a heater, "the heat with which a raising single crystal ingot is filled."

[0025] It has the "thermal shield" in the furnace of the CZ process single crystal ingot manufacturing installation which manufactures a single crystal ingot by the CZ process, it is installed so that the perimeter of the single crystal ingot which can be pulled up from melt may usually be surrounded, and it serves to control the amount of radiant heat from melt or a heater. Since this thermal shield carries out not only control of the amount of radiant heat but the work which prepares the flow of the inert gas which it lets pass in CZ furnace, it is also called the gas rectification cylinder.

[0026] If the distance from the pars basilaris ossis occipitalis of a thermal shield to a raw material melt oil level can be measured accurately, anythings are employable, but "a measurement means to measure the distance from the pars basilaris ossis occipitalis of a thermal shield to a raw material melt oil level" is suitable if the melt level detection equipment shown, for example in Japanese Patent Application No. No. 071149 [11 to] is used. Although it can, of course, also perform finding the distance from a measure point to a melt front face using the conventional melt level sensor, and presuming G to some extent from there about this, it is more desirable to use the sensor which can measure appropriately the distance between a thermal shield soffit as shown in Japanese Patent Application No. No. 071149 [11 to], and a melt front face, since the soffit location of a thermal shield changes with thermal stress during a pull-up actually.

[0027] "G1" is a concept which serves as the important point when manufacturing the silicon wafer which

has commodity value with "G2" which means the shaft-orientations temperature gradient (degree C/mm) of the temperature field (temperature field near solid-liquid interface temperature - 1350 degree C) where the pattern of an introductory defect is decided at the time of growth, and means the shaft-orientations temperature gradient (degree C/mm) of a void defective formation temperature field (about 1120-degree C temperature field).

[0028] Generally "perfect crystal" is a crystal with which crystal defects, such as a void and a rearrangement cluster, do not exist, and it may also be called a defect-free crystal. Although an introductory defect (Grown-in defect) or oxygen sludge does not exist in this perfect crystal at the time of growth of a void defect etc., either, since the precipitation-of-oxygen nucleus (oxide precipitate nuclei) used as the radical of an oxygen sludge (oxide precipitate) exists, if the perfect-crystal silicon wafer cut down from the perfect-crystal ingot is heat-treated, an oxygen sludge will be introduced into a wafer.

[0029] If the predetermined part of a single crystal raising ingot is cooled, what kind of thing can also be used for the "cooler" which cools a single crystal raising ingot, but if a certain specific part is carried out from a viewpoint of cooling certainly, it is desirable to adopt what used what consists of the pipe line to which cooling water circulates, a heat pipe, etc. (Japanese Patent Application No. No. 094695 [11 to], Japanese Patent Application No. No. 094697 [11 to]).

[0030] Not only the thing of the front face of the single crystal raising ingot actually measured by the temperature sensor but the thing of the interior of a single crystal raising ingot computed theoretically or experientially from the skin temperature measured actually and the coagulation section may be contained in the concept of a "temperature gradient."

[0031] The approach concerning this invention calculates V/G using the temperature gradient computed based on the actual measurement by a melt level sensor etc., and adjusts the temperature of a heater, the height of the oil level of melt, etc. based on it, and since suitable V/G for crystal manufacture is that for which it can ask suitably according to the target matter, it is clear that its the approach or the equipment concerning this invention is not restricted to the thing of silicon.

[0032]

[The gestalt for inventing] [Whole configuration] drawing 1 is the block diagram showing the suitable operation gestalt of the silicon single crystal ingot manufacturing installation concerning this invention. As shown in this drawing 1, the silicon single crystal ingot manufacturing installation concerning this invention is equipped with the crucible 13 for manufacture and storage of silicon melt 12, the heater 14 for heating this crucible 13, and the lifting device 15 that makes it go up and down a crucible 13 in the well-closed container slack chamber 11 like the usual CZ process silicon single crystal ingot manufacturing installation. And a heater 14 is equipped with the electrode which supplies power, other heat insulators, melt receipt, a container liner, etc. like the usual CZ process silicon single crystal ingot manufacturing installation in addition to this suitably. Moreover, this equipment is equipped with the raising equipment 16 which pulls up the silicon ingot 17, the thermal shield 18 for covering radiation of the heat from the heater 14 to silicon melt 12 and the silicon ingot 17, and **.

[0033] Furthermore, although especially the silicon single crystal ingot manufacturing installation concerning this invention is not illustrating, it is equipped with the installation and the flue system of inert gas with which this kind of CZ process silicon single crystal ingot manufacturing installation is usually equipped. And it is under such a system and the thermal shield 18 also has the work which adjusts the negotiation way of inert gas. Moreover, in this equipment, the vacuum pump 20 which performs the exhaust air in a chamber 11 is connected.

[0034] Here, the melt level sensor 23 usually used for the CZ process single crystal ingot manufacturing installation is attached in the silicon single crystal ingot manufacturing installation concerning this invention shown in drawing 1, a laser beam is irradiated by silicon melt oil-level 12a through prism 25, and melt level (level of silicon melt oil-level 12a) is detected. According to the input from the melt level sensor 23, a controller 26 controls a heater 14, a lifting device 15, and raising equipment 16.

[0035] Drawing 2 is a block diagram for explaining the important section of this invention. In the manufacturing installation concerning this invention, the beam 102 emitted from the laser light source 101 is fundamentally projected on silicon melt oil-level 12a at an include angle theta, and the level (melt level) of silicon melt oil-level 12a is computed by the principle of triangulation based on the location of the measurement spot obtained by that echo so that clearly from this drawing 2. The location of a measurement spot condenses the regular-reflection light 104 concerned with a lens 105, and the condensing location on the 2-dimensional photosensor 107 identifies it (refer to Japanese Patent Application No. No. 071149 [11 to]).

[0036] And as shown in this drawing 2, in the manufacturing installation concerning this invention, it becomes possible by extending the scanning range 113 even to a thermal shield 18, and performing the scanning range 113 of the laser light 102 even in the range over the both sides of silicon melt oil-level 12a and a thermal shield 18 to measure the distance between silicon melt oil-level 12a and a thermal shield 18 (MSD:Melt Screen Distance). A difference of a reflection factor performs distinction of silicon melt oil-level 12a and a thermal shield 18 (refer to Japanese Patent Application No. No. 071149 [11 to]).

[0037] [Cooler] drawing 3 is the block diagram showing the gestalt of the operation in which the cooler was formed. In addition, the same sign is given to the same component as drawing 1, and the explanation is omitted.

[0038] In the silicon single crystal ingot manufacturing installation concerning the gestalt of this operation, although the cooler 19 is installed in a part of inside of a thermal shield 18, this cooler 19 consists of piping for which cooling water circulates in the inside of it, and cooling water is supplied through supply pipe 21a. The bellows member 28 is attached in the part which intrudes the feeding-and-discarding tubing 21 (it consists of a set of supply pipe 21a and exhaust pipe 21b) containing this supply pipe 21a in a chamber 11, and he is trying to be maintained in it at an airtight condition.

[0039] Here, in the silicon single crystal ingot manufacturing installation concerning this invention, temperature of a heater 14, adjustment of the raising rate of the silicon ingot 17 by raising equipment 16, etc. are performed so that the value to which V/G of a part 1350 degrees C or more was set by the controller 26 according to the object of manufacture according to the input (value of MSD which specifically became clear from the detection result of the melt level sensor 23) from the melt level sensor 23 may be shown. Simultaneously, according to the input (MSD value) from the melt level sensor 23, while a lifting device 15 receives the monitor from the melt level sensor 23, V/G of a part 1350 degrees C or more is suitably adjusted so that the value set up according to the object of manufacture may be shown.

[0040] According to [manufacture of perfect crystal] this invention, by cooling the upper part of said single crystal raising ingot 17, stripping of the conductive heat of the raising direction of the single crystal raising ingot 17 interior concerned can be promoted, the difference of the temperature gradient by the side of the core of the part of G1 field of the single crystal raising ingot concerned and the temperature gradient by the side of a front face can be made small, and perfect crystal can be produced by it.

[0041] For example, by promoting stripping of the conductive heat of the raising direction of the crystal raising ingot 17 interior in the case of silicon In a field 1350 degrees C or more, V/G value is set as the range of 0.16-0.18mm2/degree-Cmin. If Gouter/Gcenter which is the ratio of the average Gcenter of the average Gouter of the G value of the single crystal raising ingot front face in the range and the G value based on single crystal raising ingots is made or less into 1.10 Perfect crystal can be obtained (Japanese Patent Application No. No. 330713 [ten to]).

[0042]

[Example] Drawing 4 is a graph which shows the result of having verified change of the temperature gradient G accompanying a pull-up of the silicon single crystal ingot from silicon melt etc.

[0043] first, with progress of the pull-up of the pull-up rate V of a silicon single crystal ingot of a silicon single crystal ingot to the fixed case which was fixed also as for the distance between thermal shield soffit - silicon melt oil levels (MSD[the following and]: Melt Screen Distance), the more a silicon single crystal ingot grows and it becomes long namely,, the more drawing 4 (A) shows that the temperature gradient G near the interface (namely, G1) becomes small. Moreover, drawing 4 (B) shows that the pull-up rate V of a silicon single crystal ingot falls with progress of a pull-up of a silicon single crystal ingot, when MSD is also fixed at the same time it fixes V/G. Furthermore, from drawing 4 (C), by narrowing MSD shows that a temperature gradient G can be enlarged under the conditions of V/G regularity and V regularity.

[0044] Here, it will be said that narrowing MSD can enlarge a temperature gradient G by making it such since it is realizable by speeding up the feed rate of the crucible to a part for the weight of the pull-up crystal per unit time amount. On the contrary, by making the feed rate of a crucible late to a part for the weight of the pull-up crystal per unit time amount, MSD will be extended and a temperature gradient G can be made small. setting up a pull-up program beforehand so that MSD may become narrow gradually by the longitudinal direction since the temperature gradient G near an interface will become small if the control approach of G is described more concretely, and the crystal length under training becomes long -- the value of G - it will be said that it is controllable to a law.

[0045] Thus, by controlling G by MSD control, while operating V and controlling it suitably, it is controllable so that V/G carries out - ** with the set point. Moreover, setting out of V/G becomes a positive thing by controlling heater power simultaneously.

[0046] The above example shows depending for the temperature gradient G near a crystal interface (namely, G_1) on MSD greatly. Therefore, it becomes possible to control V/G by the condition of having been stabilized by calculating beforehand the variation of a shaft-orientations temperature gradient which changes by crystal die length by simulation, and incorporating the set point of MSD (distance between silicon [a thermal shield soffit -] melt oil levels: Melt Screen Distance) for controlling the temperature gradient G the pull-up rate V and near the interface in a crystal pulling program, then controlling a pull-up of a silicon single crystal ingot.

[0047] This means that it is suitable for manufacture of the perfect crystal which is not obtained if V/G is not controlled in the very narrow range. If it explains more concretely, since according to this invention it will be stabilized and its V/G value can be controlled, for example in the field 1350 degrees C or more of a pull-up silicon single crystal ingot to go into the range of 0.16-0.18mm²/degree-Cmin well, the field which perfect crystal generates is extensible from the case where it manufactures with equipment conventionally. Namely, based on the actual measurement of the distance (MSD) between thermal shield soffit - silicon melt oil levels, the field which perfect crystal generates is easily extensible according to the CZ process single crystal ingot manufacturing installation concerning this invention in the crystal growth direction by controlling the raising conditions of silicon single crystal ingots, such as the amount of heating to silicon melt, oil-level level of a silicon melt oil level, or a raising rate of a raising silicon single crystal ingot.

[0048]

[Effect of the Invention] According to this invention, the complicated device like the device for making the high radiation reflective object and high it of the reflection factor installed in the device to which radiation blocker (thermal shield) which was used conventionally is moved up and down, and the upper part of melt drive can control a temperature gradient G more simply, and can make the field of perfect crystal extend in the crystal growth direction with sufficient repeatability by this, without using, as explained above.

[Translation done.]

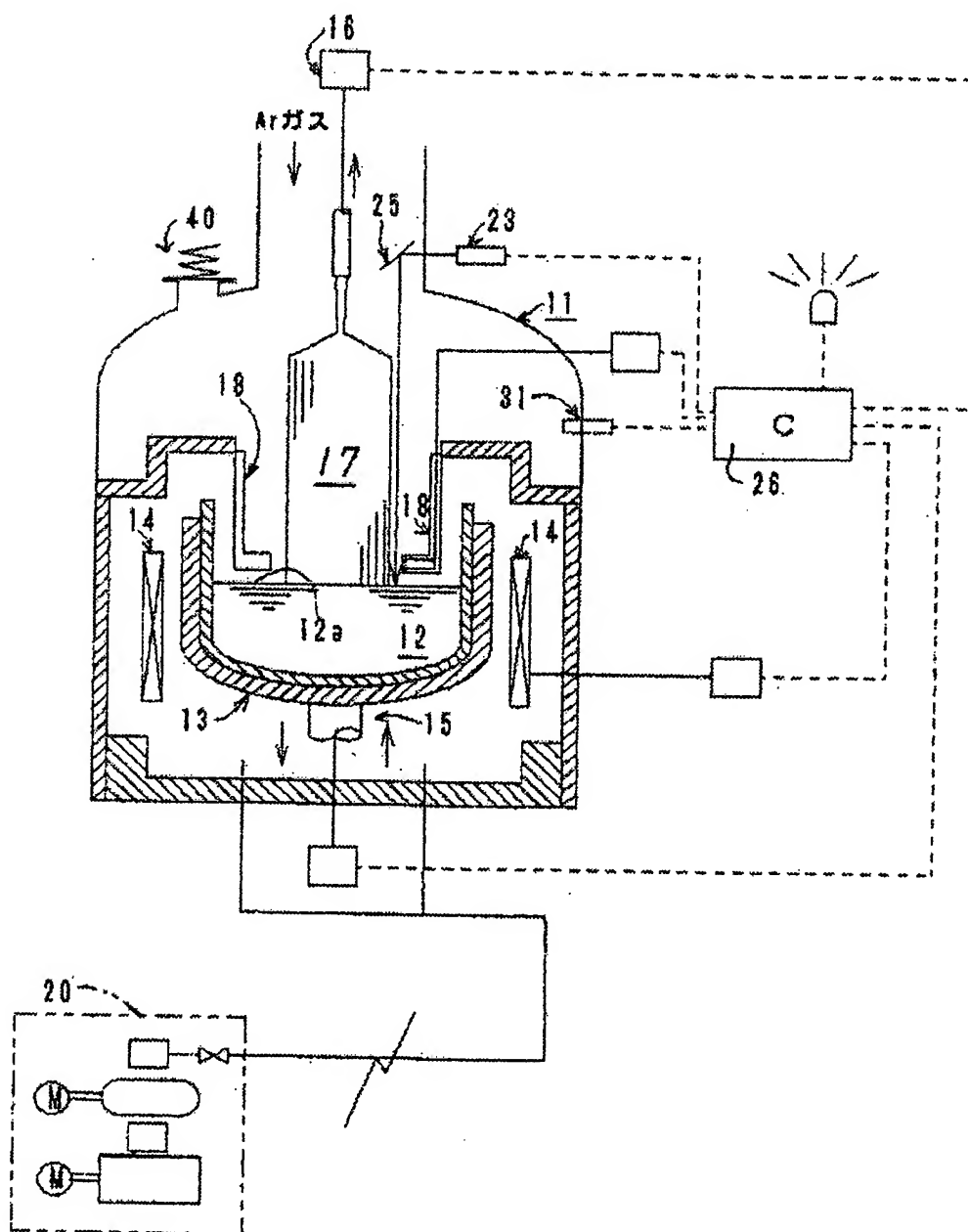
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

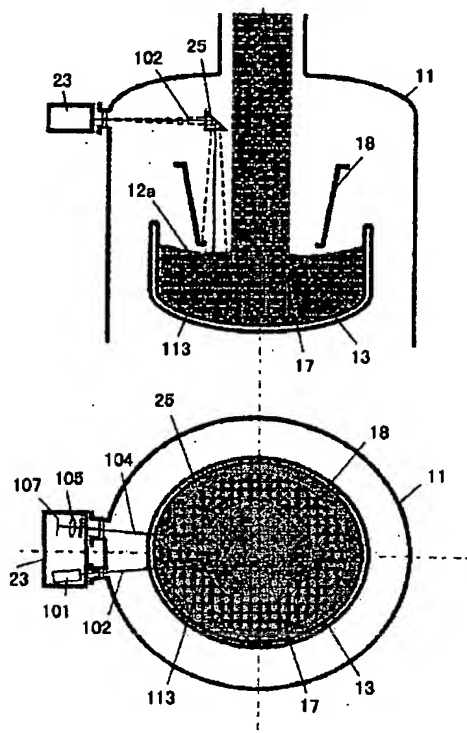
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

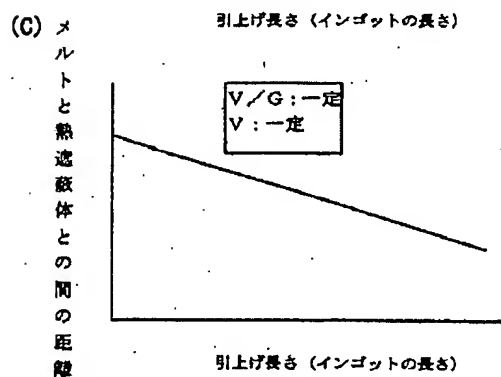
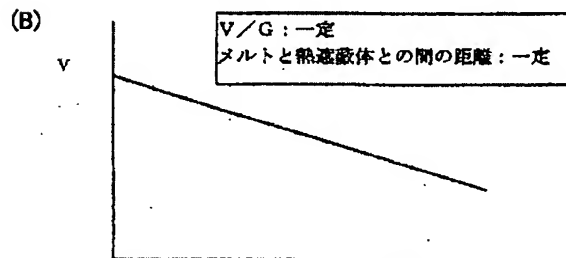
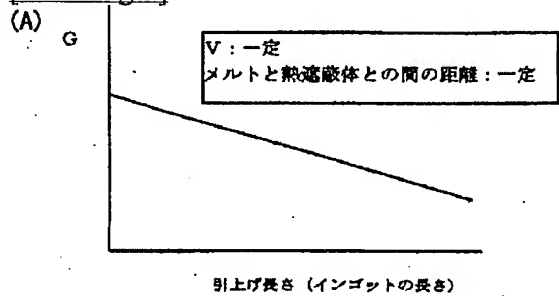
[Drawing 1]



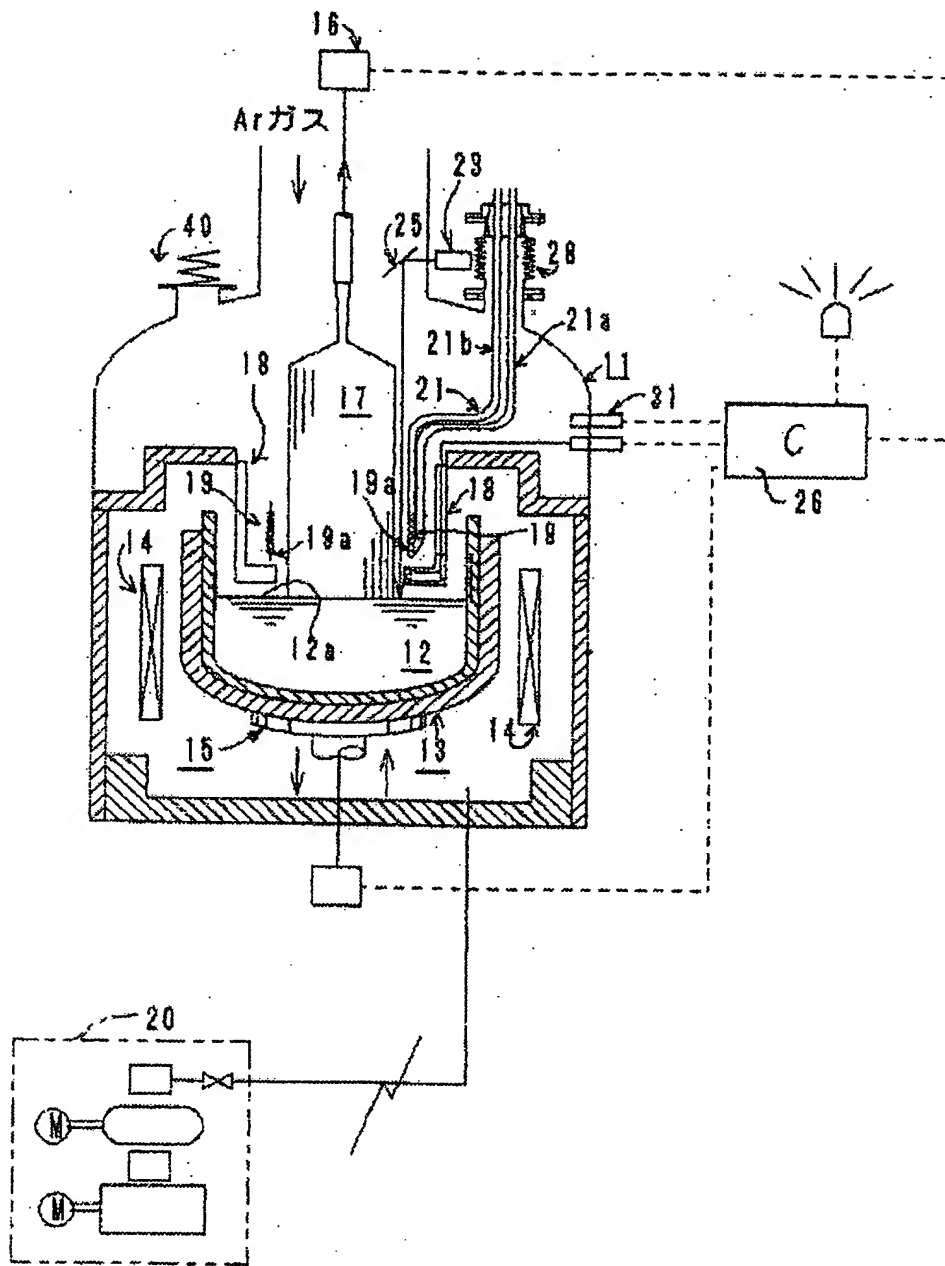
[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Drawing 3]



[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-313691

(43)Date of publication of application : 14.11.2000

(51)Int.Cl.

C30B 15/20
C30B 29/06
H01L 21/208

(21)Application number : 11-122796

(71)Applicant : KOMATSU ELECTRONIC METALS CO LTD
KOMATSU LTD

(22)Date of filing : 28.04.1999

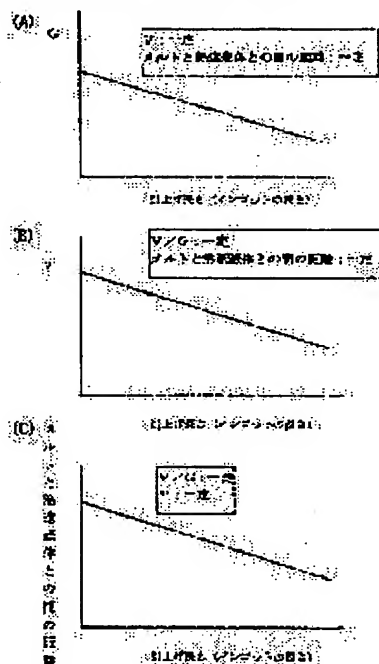
(72)Inventor : HANAMOTO TADAYUKI
MORIMOTO SHIGEO
MORIYA MASATO
KOTOOKA TOSHIRO

(54) APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING SINGLE CRYSTAL INGOT BY CZOCHRALSKI METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide both an apparatus and a method for producing a perfect single crystal in good reproducibility in a single crystal growth in an apparatus for producing a single crystal ingot by a Czochralski method.

SOLUTION: In this apparatus for producing a single crystal ingot by a Czochralski method, the apparatus is equipped with a means of measurement for measuring the distance from the bottom of a heat shielding body to the liquid level of a raw material melt and the controls of pulling conditions such as the heat amount for the silicon melt, the liquid level of the silicon melt, pulling rate of silicon single crystal ingot, etc., are carried out based on the distance measured by the means. Consequently the temperature gradient of G1 region of the pulled silicon single crystal ingot is adjusted to give a perfect crystal in excellent reproducibility.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-313691

(P2000-313691A)

(43) 公開日 平成12年11月14日 (2000. 11. 14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
C 3 0 B 15/20		C 3 0 B 15/20	4 G 0 7 7
29/06	5 0 2	29/06	5 0 2 E 5 F 0 5 3
H 0 1 L 21/208		H 0 1 L 21/208	P

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-122796

(22) 出願日 平成11年4月28日 (1999. 4. 28)

(71) 出願人 000184713

コマツ電子金属株式会社

神奈川県平塚市四之宮2612番地

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 花本 忠幸

神奈川県平塚市万田1200番地 株式会社小

松製作所内

(74) 代理人 100106002

弁理士 正林 真之

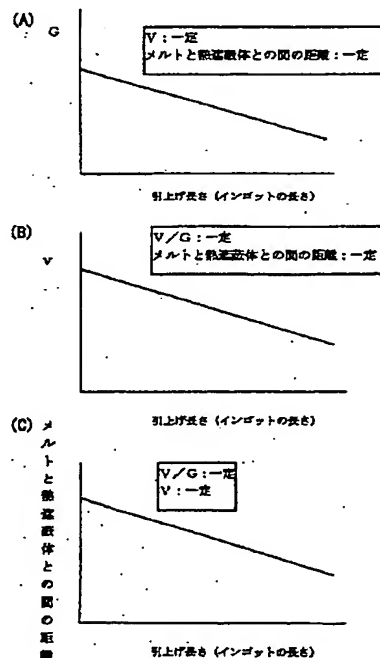
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 CZ法単結晶インゴット製造装置及び方法

(57) 【要約】-

【課題】 CZ法単結晶インゴット製造装置における単結晶育成において、再現性よく完全結晶が得られる装置及び方法を提供する。

【解決手段】 CZ法単結晶インゴット製造装置において、前記熱遮蔽体の底部から原料融液液面までの距離を測定する測定手段を備え、これにより測定された距離に基づいて、前記シリコン融液に対する加熱量、シリコン融液液面の液面レベル、或は引き上げシリコン単結晶インゴットの引き上げ速度等の引き上げ条件の制御を行うことにより、引き上げシリコン単結晶インゴットのG1領域の部分の温度勾配の調整を行い、再現性よく完全結晶が得られるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原料融液から単結晶インゴットの引き上げを行うCZ法単結晶インゴット製造装置であって、引き上げられている単結晶インゴット（以下、引き上げ単結晶インゴット）を囲繞して当該引き上げ単結晶インゴットに注がれる熱の量を調整する熱遮蔽体を備えるCZ法単結晶インゴット製造装置において、前記熱遮蔽体の底部から原料融液液面までの距離を測定する測定手段と、この測定手段により測定された距離に基づいて単結晶インゴットの引き上げ条件の制御を行うコントローラと、を備えることを特徴とするCZ法単結晶インゴット製造装置。

【請求項2】 前記引き上げ単結晶インゴットの一部分を冷却するクーラーを備えていることを特徴とする請求項1記載のCZ法単結晶インゴット製造装置。

【請求項3】 請求項1または2記載のCZ法単結晶インゴット製造装置において、当該装置はシリコン単結晶インゴット製造装置であり、その引き上げ条件は、シリコン融液に対する加熱量、シリコン融液液面の液面レベル、及び、引き上げられているシリコン単結晶インゴット（以下、引き上げシリコン単結晶インゴット）の引き上げ速度からなる群より選ばれた一つ以上のものであることを特徴とするCZ法シリコン単結晶インゴット製造装置。

【請求項4】 請求項3記載のシリコン単結晶インゴットから切り出されて製造された完全結晶シリコンウェーハ。

【請求項5】 シリコン融液からシリコン単結晶インゴットの引き上げを行うことによりシリコン単結晶インゴットを製造するCZ法シリコン単結晶インゴット製造方法であって、

引き上げられているシリコン単結晶インゴット（以下、引き上げシリコン単結晶インゴット）を囲繞して当該引き上げシリコン単結晶インゴットに注がれる熱の量を調整する熱遮蔽体の底部からシリコン融液液面までの距離を測定し、この測定手段により測定された距離に基づいて、少なくとも「前記シリコン融液に対する加熱量、シリコン融液液面の液面レベル、及び、引き上げシリコン単結晶インゴットの引き上げ速度」からなる群より選ばれた一つ以上のものの制御を行うことにより前記引き上げシリコン単結晶インゴットのG1領域の部分の温度勾配の調整を行うことを特徴とするCZ法単結晶シリコン製造方法。

【請求項6】 前記引き上げシリコン単結晶インゴットの下部を冷却することにより、当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴットのG1領域の部分の温度勾配を大きくすることによって当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴットの引き上げ速度を速める請求項5記載のCZ法単結晶シリコン製造方法。

【請求項7】 前記単結晶引き上げシリコン単結晶イン

ゴットの上部を冷却することにより、当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴット内部の引き上げ方向の伝導熱の放散を促進し、当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴットのG1領域の部分の中心側の温度勾配と表面側の温度勾配との差を小さくすることによって、結晶成長方向における完全結晶の形成を促進させることを特徴とする請求項5記載のCZ法単結晶シリコン製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、チョクラルスキー法（以下、CZ法）によりシリコンインゴットを製造する装置及び方法、特に良質の完全結晶シリコンウェーハを製造するのに好適な装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】チョクラルスキー法（以下、CZ法）により得られるCZシリコン単結晶の成長中に発生する結晶欠陥は、MOSデバイスのゲート酸化膜の信頼性やPNジャンクションリーク特性などに悪影響を及ぼす。このため、このような結晶欠陥をできる限り低減することが必要となるが、結晶欠陥発生抑制のためには、炉内で引き上げ中の単結晶インゴット（以下、単結晶引き上げインゴット）の引き上げ速度Vと当該単結晶引き上げインゴットの温度勾配Gの比「V/G」の制御を適切に行うことが有効である旨が指摘されている（特開平8-337490号公報など）。

【0003】これに関し、先の特開平8-337490号公報に係る発明者らは1300℃からシリコン融点までの間のV/Gを適切に制御することにより完全結晶を得ているが（1993年（平成5年）、第54回応用物理学会学術講演会（1993年9月27日から30日）、第54回応用物理学会学術講演会講演予稿集No. 1、p303、29a-HA-7：特開平8-330316号公報）、本出願人は1350℃からシリコン融点までの間のV/Gを適切に制御することによって、より適切な条件でシリコンの完全結晶を得ている（特願平10-330713号）。

【0004】しかしながら、CZ結晶育成において完全結晶を得るためには、V及びGを高精度に制御しなければならない。例えば、上記特願平10-330713号によれば、完全結晶育成のためには、育成速度V（mm/min）と結晶界面近傍の温度勾配G（℃/min）の比であるV/G（mm²/℃・min）が0.16～0.18程度になるように制御する必要があるということが示されている。

【0005】ところが、仮にVを一定に制御した場合でも、結晶育成中にGは刻々と変化していくものであるため、その変化に追従してV/G値も変化してしまい、結果的には、結晶成長方向において完全結晶領域を歩留まりよく形成させることが出来なかった。

【0006】そこで従来技術（特開平8-268794

号公報)では、伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算により単結晶内部の温度分布を求め、求めた温度分布を用いて融液からの輻射の遮断および／または反射をすることにより、単結晶内部の温度分布を操作し、 V/G ($\text{mm}^2/\text{℃} \cdot \text{min}$)が目標値に制御されるように V を操作すると共に、融液からの輻射の遮断および／または反射により G を操作するようにしている。

【0007】この従来技術において、融液からの輻射の遮断の調整は、最近のチョクラスキー法単結晶インゴット製造装置に標準的に装備されている熱遮蔽体の位置を変更することによって行うようにしており、融液から単結晶への輻射の遮断量をコントロールするためのものとして、輻射遮断物（熱遮蔽体）を上下に移動させる機構を備えている。また、この従来技術では、融液からの輻射光を反射するためのものとして、融液の上方に反射率の高い輻射反射物を設置するようにしており、この反射物の角度を調整することによって反射量のコントロールを行っている。

【0008】加えて、この従来技術では、1300℃までの温度範囲における結晶軸方向の温度勾配 G を求めるために、 G 演算機というものをを用いており、当該 G 演算機に対して輻射遮断物の位置情報、輻射反射物の角度情報などの諸情報を入力して G を算出するようにしている。そして、 V/G 制御器が、 G 演算器によって求められた G と単結晶育成速度 V から V/G を計算すると共に、その計算値が V/G 設定値と一致するように V を操作し、それに合わせて輻射遮断物の位置や輻射反射物の角度を操作することによって G を制御し、最終的には V/G 全体の制御を行うようにしている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術(特開平8-268794号公報)のように、熱遮蔽体の位置等の変更を行うことによって V/G の制御を行うようにした場合には、それを行うための部材や機構が余分に必要となるので、部品点数の増大や制御の複雑化などという不利益を招く。より具体的には、特開平8-268794号公報に示される方法では、上記のような各種制御装置を用いて融液からの輻射の遮断や反射を調整することによって界面付近の温度勾配 G の制御を行うようにしているので、熱遮蔽体の位置制御や反射物の角度制御を行うための機構が別途必要となり、それに伴って V/G の制御も非常に複雑になってしまっている。

【0010】また、上記従来技術によれば、 V/G 算出のための温度勾配の算出は、基本的には温度状態のシミュレーションによる推測によって行われているため、炉内の状態を完全に反映して V/G の調整を行っているものではない。従って、 V が一定であっても、実際には G が制御されていないというような事態も生じ得る。そして、そのような場合には、結晶成長方向で完全結晶を歩留まり良く得ることは出来ない。

【0011】本発明は以上のような課題に鑑みてなされたものであり、単結晶育成において再現性よく完全結晶が得られる装置及び方法を提供することを目的とする。また、 CZ 法単結晶インゴット製造装置において、熱遮蔽体の位置等の変更を行うことなく V/G の調整を行うことができる機構もしくは制御方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】以上のような課題を解決するために、本発明に係る CZ 法単結晶インゴット製造装置及び方法においては、基本的には熱遮蔽体の位置を不動とし、熱遮蔽体の底部から原料融液液面までの距離の測定値からフィードバックして単結晶インゴットの引き上げ条件の制御を行うことを特徴とする。

【0013】ここで、 CZ 法単結晶インゴット製造装置においては、シリコン融液を貯留しているルツボは、単結晶インゴットの引き上げによる原料融液の減少に伴う原料融液液面の低下を補償するように上昇していくために、基本的には、熱遮蔽体底部から原料融液液面までの距離は一定である。しかしながら、ルツボの昇降率の不一致やその制御の不適切、或は、炉内の灼熱により生じる熱遮蔽体の変形や、細波などの原料融液液面の変化などによって、当該距離が微小に変化する場合がある。本発明者らは、このような熱遮蔽体底部から原料融液液面までの距離のミリメートル単位の変化であっても、それが実は、完全結晶製造プロセスにおいては決して無視することができない要因となっているということを見出し、本発明を完成するに至ったのである。

【0014】本発明以前には、マクロな観点で熱遮蔽体を上下させることはあっても、それを微調整することすらなく、その必要性についての示唆すらなされていない。特に、熱遮蔽体の下端から原料融液液面までの距離のミリメートル単位の微小変化に対応して単結晶インゴットの引き上げ条件を変更することは行われていなかった。本発明は、そのある一面では、完全結晶製造プロセスにおいて、熱遮蔽体の下端から原料融液液面までの距離のミリメートル単位の微小変化を、単結晶インゴットの引き上げ条件を決定する大きな要因の一つとして取り扱っていることに技術的な意義を有する。

【0015】より具体的には、本発明においては以下のような CZ 法単結晶インゴット製造装置を提供する。

【0016】(1) 原料融液から単結晶インゴットの引き上げを行う CZ 法単結晶インゴット製造装置であって、引き上げられている単結晶インゴット（以下、引き上げ単結晶インゴット）を囲繞して当該引き上げ単結晶インゴットに注がれる熱の量を調整する熱遮蔽体を備える CZ 法単結晶インゴット製造装置において、前記熱遮蔽体の底部から原料融液液面までの距離を測定する測定手段と、この測定手段により測定された距離に基づいて単結晶インゴットの引き上げ条件の制御を行うコントロ

ーラーと、を備えることを特徴とするCZ法単結晶インゴット製造装置。

【0017】(2) 前記引き上げ単結晶インゴットの一部分を冷却するクーラーを備えていることを特徴とする上記記載のCZ法単結晶インゴット製造装置。

【0018】(3) 上記記載のCZ法単結晶インゴット製造装置において、当該装置はシリコン単結晶インゴット製造装置であり、その引き上げ条件は、シリコン融液に対する加熱量、シリコン融液液面の液面レベル、及び、引き上げられているシリコン単結晶インゴット（以下、引き上げシリコン単結晶インゴット）の引き上げ速度からなる群より選ばれる一つ以上のものであることを特徴とするCZ法シリコン単結晶インゴット製造装置。

【0019】(4) 上記記載のシリコン単結晶インゴットから切り出されて製造された完全結晶シリコンウェーハ。

【0020】また、本発明においては以下のようなCZ法単結晶シリコン製造方法を提供する。

【0021】(5) シリコン融液からシリコン単結晶インゴットの引き上げを行うことによりシリコン単結晶インゴットを製造するCZ法シリコン単結晶インゴット製造方法であって、引き上げられているシリコン単結晶インゴット（以下、引き上げシリコン単結晶インゴット）を囲繞して当該引き上げシリコン単結晶インゴットに注がれる熱の量を調整する熱遮蔽体の底部からシリコン融液液面までの距離を測定し、この測定手段により測定された距離に基づいて、少なくとも「前記シリコン融液に対する加熱量、シリコン融液液面の液面レベル、及び、引き上げシリコン単結晶インゴットの引き上げ速度」からなる群より選ばれる一つ以上のものの制御を行うことにより前記引き上げシリコン単結晶インゴットのG1領域の部分の温度勾配の調整を行うことを特徴とするCZ法単結晶シリコン製造方法。

【0022】(6) 前記引き上げシリコン単結晶インゴットの下部を冷却することにより、当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴットのG1領域の部分の温度勾配を大きくすることによって当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴットの引き上げ速度を速める上記(5)記載のCZ法単結晶シリコン製造方法。

【0023】(7) 前記単結晶引き上げシリコン単結晶インゴットの上部を冷却することにより、当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴット内部の引き上げ方向の伝導熱の放散を促進し、当該単結晶引き上げシリコン単結晶インゴットのG1領域の部分の中心側の温度勾配と表面側の温度勾配との差を小さくすることによって、結晶成長方向における完全結晶の形成を促進させることを特徴とする上記(5)記載のCZ法単結晶シリコン製造方法。

【0024】[用語の定義等]「引き上げ単結晶インゴットに注がれる熱」というのは、融液液面からの輻射熱

やヒータからの照射熱など、引き上げ単結晶インゴットの周囲から当該引き上げ単結晶インゴットに対して供給される熱のことをいう。

【0025】「熱遮蔽体」は、CZ法により単結晶インゴットの製造をするCZ法単結晶インゴット製造装置の炉内に備えられているものであり、通常は、融液から引き上げられる単結晶インゴットの周囲を囲繞するように設置されており、融液やヒータからの輻射熱量をコントロールする働きをする。この熱遮蔽体は、輻射熱量のコントロールだけではなく、CZ炉の中に通される不活性ガスの流れを整える働きもするので、ガス整流筒とも呼ばれている。

【0026】「熱遮蔽体の底部から原料融液液面までの距離を測定する測定手段」というのは、熱遮蔽体の底部から原料融液液面までの距離を適確に測定できるものであれば、いかなるものも採用することができるが、例えば特願平11-071149号に示されているメルトレベル検出装置を用いると好適である。これに関し、従来のメルトレベルセンサーを用いて計測点からメルト表面までの距離を求め、そこからある程度Gを推定するようにすることも勿論出来るが、熱遮蔽体の下端位置は実際には熱応力によって引上げ中に変化してしまうので、特願平11-071149号に示されるような、熱遮蔽体下端とメルト表面間の距離を適切に測定することが出来るようなセンサーを用いた方が好ましいのである。

【0027】「G1」というのは、成長時導入欠陥のパターンが決まる温度領域（固液界面温度～1350℃付近の温度領域）の軸方向温度勾配（℃/mm）を意味し、ボイド欠陥形成温度領域（1120℃近傍の温度領域）の軸方向温度勾配（℃/mm）を意味する「G2」と共に、商品価値のあるシリコンウェーハを製造する上で重要なポイントとなる概念である。

【0028】「完全結晶」というのは、一般的に、ボイドや転位クラスタなどの結晶欠陥が存在しない結晶で、無欠陥結晶とも呼ばれることがある。かかる完全結晶中には、ボイド欠陥等の成長時導入欠陥（Grown-in欠陥）も酸素析出物も存在しないが、酸素析出物（oxide precipitate）の基となる酸素析出核（oxide precipitate nuclei）が存在するために、完全結晶インゴットから切り出された完全結晶シリコンウェーハを熱処理すると、ウェーハ中に酸素析出物が導入される。

【0029】単結晶引き上げインゴットの冷却を行う「クーラー」は、単結晶引き上げインゴットの所定の部分の冷却を行うものであればいかなるものも採用することもできるが、ある特定の箇所を確実に冷却するという観点からすれば、冷却水が流通する配管系からなるものやヒートパイプ等を使用したものを採用するのが好ましい（特願平11-094695号、特願平11-094697号）。

【0030】「温度勾配」の概念には、温度センサによ

り実際に測定された単結晶引き上げインゴットの表面のものだけでなく、実際に測定された表面温度から理論的に、または経験的に算出される単結晶引き上げインゴット内部及び凝固部のものも含まれる場合がある。

【0031】本発明に係る方法は、メルトレベルセンサ等による実測値に基づいて算出された温度勾配を使用して V/G を求め、それに基づいてヒータの温度や融液の液面の高さ等の調整を行うものであり、結晶製造に好適な V/G は、対象となる物質に応じて適宜求めることができるものであるため、本発明に係る方法もしくは装置がシリコンのものに限られないことは明らかである。

【0032】

【発明を実施するための形態】
【全体構成】図1は本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置の好適な実施形態を示すブロック図である。この図1に示されるように、本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置は、通常のCZ法シリコン単結晶インゴット製造装置と同様に、密閉容器たるチャンバー11内に、シリコン融液12の製造・貯蔵のためのルツボ13と、このルツボ13を加熱するためのヒータ14と、ルツボ13を昇降させる昇降装置15と、を備えている。そして、この他にも適宜、通常のCZ法シリコン単結晶インゴット製造装置と同様に、ヒータ14に電力を供給する電極、その他断熱材、メルトレシープ、内筒などが備え付けられる。また、この装置には、シリコンインゴット17を引き上げる引き上げ装置16と、シリコン融液12及びヒータ14からシリコンインゴット17への熱の輻射を遮蔽するための熱遮蔽体18と、が備え付けられている。

【0033】更に、本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置は、特に図示してはいないが、この種のCZ法シリコン単結晶インゴット製造装置に通常装備される不活性ガスの導入・排気システムを備えている。そして、このようなシステム下において、熱遮蔽体18は不活性ガスの流通路を調整する働きも兼ね備えている。また、この装置においては、チャンバー11内の排気を行う真空ポンプ20が接続されている。

【0034】ここで、図1に示される本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置には、CZ法単結晶インゴット製造装置に通常用いられているメルトレベルセンサ23が取り付けられており、プリズム25を介してシリコン融液液面12aにレーザー光が照射され、メルトレベル（シリコン融液液面12aのレベル）が検出される。ヒータ14、昇降装置15、及び引き上げ装置16は、メルトレベルセンサ23からの入力に応じて、コントローラ26が制御する。

【0035】図2は、本発明の要部を説明するためのブロック図である。この図2から明らかなように、本発明に係る製造装置においては、基本的に、レーザー光源101から発せられたビーム102を角度 θ でシリコン融液液面12aに投射し、その反射により得られる計測ス

ポットの位置に基づいて、三角測量の原理によりシリコン融液液面12aのレベル（メルトレベル）を算出する。計測スポットの位置は、当該正反射光104をレンズ105で集光し、それを二次元光センサ107上の集光位置によって同定される（特願平11-071149号参照）。

【0036】そして、この図2に示されるように、本発明に係る製造装置においては、スキャン範囲113を熱遮蔽体18にまで拡張し、レーザー光102のスキャン範囲113をシリコン融液液面12aと熱遮蔽体18の双方にまたがる範囲にまで行うことによって、シリコン融液液面12aと熱遮蔽体18の間の距離(MSD: Mel t Screen Distance)を計測することが可能となる。シリコン融液液面12aと熱遮蔽体18の区別は、反射率の相違によって行う（特願平11-071149号参照）。

【0037】【クーラー】図3は、クーラーが設けられた実施の形態を示すブロック図である。なお、図1と同一の構成要素には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0038】この実施の形態に係るシリコン単結晶インゴット製造装置においては、熱遮蔽体18の内側の一部分にクーラー19が設置されているが、このクーラー19は、その中を冷却水が流通する配管で構成されており、冷却水は、供給管21aを介して供給される。この供給管21aを含む給排管21（供給管21aと排出管21bのセットからなる）をチャンバー11内に貫入する箇所には、蛇腹部材28が取り付けられ、気密状態が保たれるようにされている。

【0039】ここで、本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置においては、コントローラ26により、メルトレベルセンサ23からの入力（より具体的には、メルトレベルセンサ23の検出結果から明らかとなったMSDの値）に応じて、1350℃以上の部分の V/G が製造の目的に応じて設定された値を示すように、ヒータ14の温度や、引き上げ装置16によるシリコンインゴット17の引き上げ速度の調整等が行われる。同時に、昇降装置15は、メルトレベルセンサ23からの監視を受けながら、メルトレベルセンサ23からの入力(MSD値)に応じて、1350℃以上の部分の V/G が、製造の目的に応じて設定された値を示すように、適宜調整される。

【0040】【完全結晶の製造】本発明によれば、前記単結晶引き上げインゴット17の上部を冷却することにより、当該単結晶引き上げインゴット17内部の引き上げ方向の伝導熱の放散を促進し、当該単結晶引き上げインゴットのG1領域の部分の中心側の温度勾配と表面側の温度勾配との差を小さくすることができ、それによって完全結晶を作製することができる。

【0041】例えば、シリコンの場合においては、結晶

引き上げインゴット17内部の引き上げ方向の伝導熱の放散を促進することにより、1350℃以上の領域においてV/G値を0.16~0.18mm²/°Cminの範囲に設定し、その範囲での単結晶引き上げインゴット表面のG値の平均値G_{outer}と単結晶引き上げインゴット中心のG値の平均値G_{center}の比であるG_{outer}/G_{center}を1.10以下にすれば、完全結晶を得ることができる(特願平10-330713号)。

【0042】

【実施例】図4は、シリコン融液からのシリコン単結晶インゴットの引上げに伴う温度勾配G等の変化を検証した結果を示すグラフである。

【0043】まず、図4(A)より、シリコン単結晶インゴットの引上げ速度Vが一定で、かつ、熱遮蔽体下端〜シリコン融液液面間距離(以下、MSD: Melt Screen Distance)も一定であった場合には、シリコン単結晶インゴットの引上げの進行に伴って(即ち、シリコン単結晶インゴットが成長してそれが長くなればなるほど)、界面近傍の温度勾配G(即ちG₁)が小さくなっていくということが分かる。また、図4(B)より、V/Gを一定にすると同時にMSDも一定にした場合には、シリコン単結晶インゴットの引上げの進行に伴って、シリコン単結晶インゴットの引上げ速度Vが低下していくということが分かる。さらに、図4(C)からは、V/G一定かつV一定の条件下では、MSDを狭めることによって温度勾配Gを大きくすることができるということが分かる。

【0044】ここで、MSDを狭めることは、単位時間当たりの引上げ結晶の重量分に対するルツボの送り速度を速めることによって実現することができるので、そのようにすることによって温度勾配Gを大きくできるということになる。逆に、ルツボの送り速度を単位時間当たりの引上げ結晶の重量分に対して遅くすることにより、MSDを広げて温度勾配Gを小さく出来ることになる。より具体的にGの制御方法を述べると、育成中の結晶長が長くなると、界面付近の温度勾配Gが小さくなるので、MSDが長手方向で徐々に狭くなるように予め引上げプログラムを設定しておくことにより、Gの値を一定に制御することができるということになる。

【0045】このようにして、Vを操作してそれを適宜制御すると共に、MSD制御によってGを制御することにより、V/Gが設定値と一致するように制御することができる。また、同時にヒーターパワーを制御することにより、V/Gの設定が確実なものとなる。

【0046】以上の実施例より、結晶界面付近の温度勾配G(即ちG₁)はMSDに大きく依存するということが分かる。従って、シミュレーションによって結晶長さで変化する軸方向温度勾配の変化量を予め求めておき、引上げ速度V及び界面近傍の温度勾配Gを制御するためのMSD(熱遮蔽体下端〜シリコン融液液面間距離:Mel

t Screen Distance)の設定値を単結晶引上げプログラムの中に取り込み、それでシリコン単結晶インゴットの引上げをコントロールすることにより、V/Gを安定した状態で制御することが可能となる。

【0047】このことは、V/Gを極めて狭い範囲で制御しなければ得られない完全結晶の製造に適しているということを意味している。より具体的に説明すれば、本発明によれば、例えば引上げシリコン単結晶インゴットの1350℃以上の領域においてそのV/G値を0.16~0.18mm²/°Cminの範囲にうまく入るよう

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、従来用いられていたような輻射遮断物(熱遮蔽体)を上下に移動させる機構や、融液の上方に設置される反射率の高い輻射反射物やそれを駆動させるための機構といったような複雑な機構は用いずに、温度勾配Gをより簡易に制御することができ、これによって再現性よく完全結晶の領域を結晶成長の方向に拡張させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造装置の好適な実施形態を示すブロック図である。

【図2】 本発明の要部を説明するためのブロック図である。

【図3】 本発明の別の実施形態(クーラーを採用した実施形態)を示すブロック図である。

【図4】 本発明に係るシリコン単結晶インゴット製造方法の原理を説明するための図である。

【符号の説明】

- 11 チャンバー
- 12 シリコン融液
- 12a シリコン融液液面
- 13 ルツボ
- 14 ヒータ
- 15 昇降装置
- 16 引き上げ装置
- 17 シリコンインゴット
- 18 熱遮蔽体
- 19 クーラー
- 19a クーラーの下端
- 20 真空ポンプ

11

12

23 メルトレベルセンサ

25 プリズム

26 コントローラ

28 蛇腹部材

101 レーザー光源

* 102 ビーム

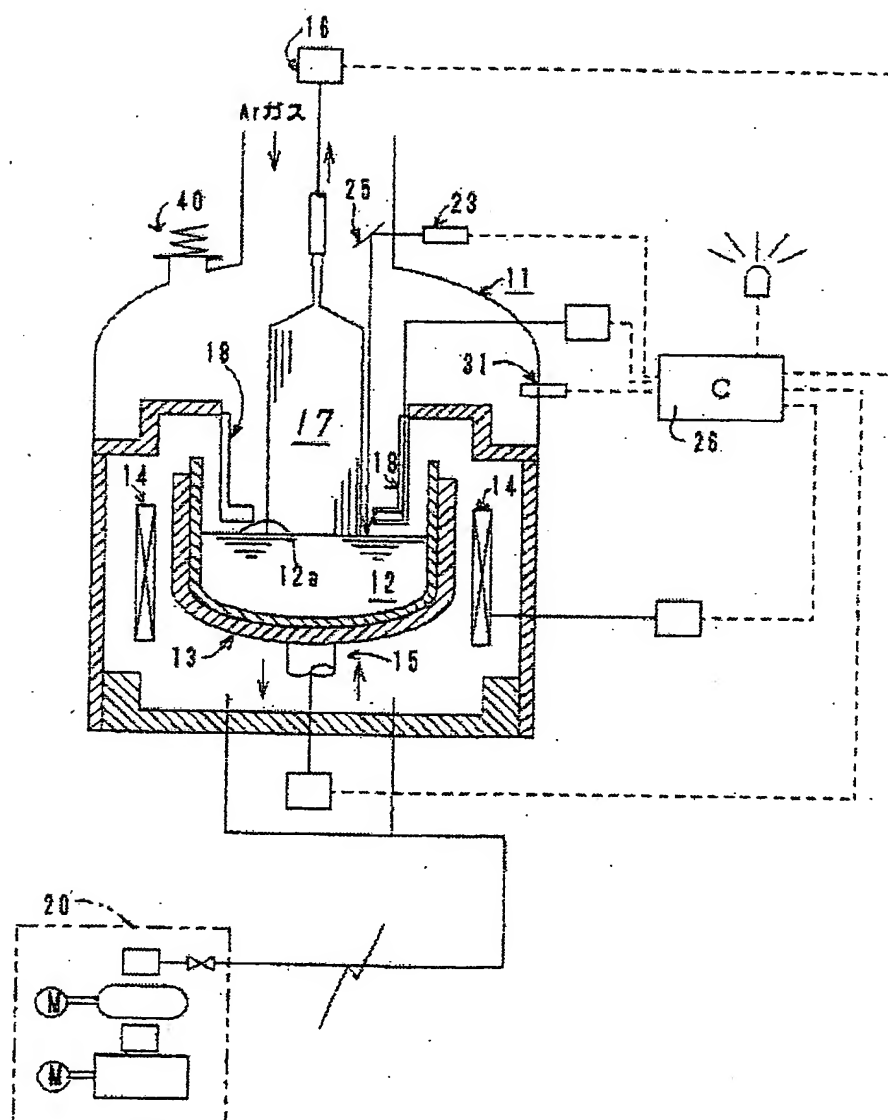
104 正反射光

105 レンズ

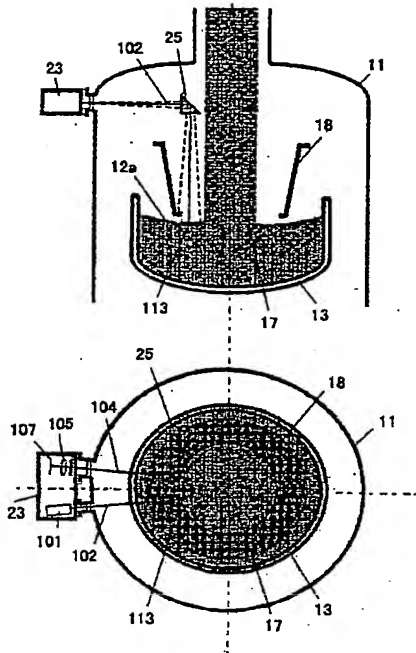
107 二次元光センサ

* 113 スキャン範囲

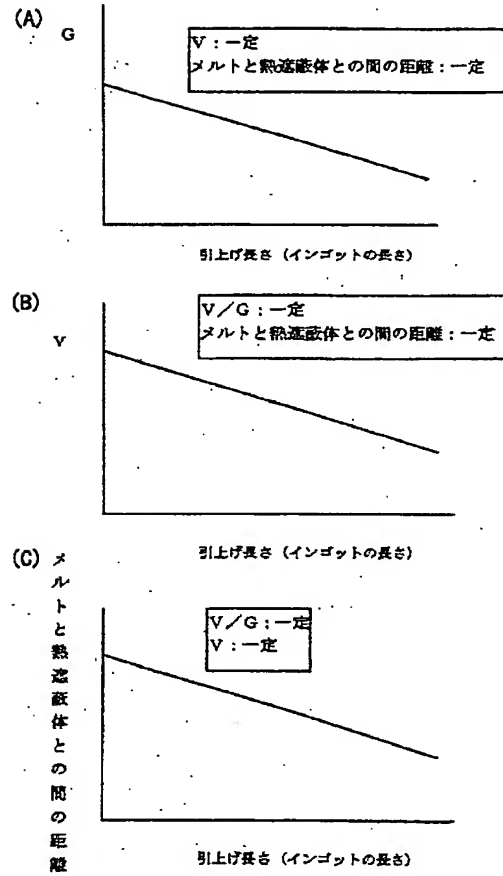
【図1】



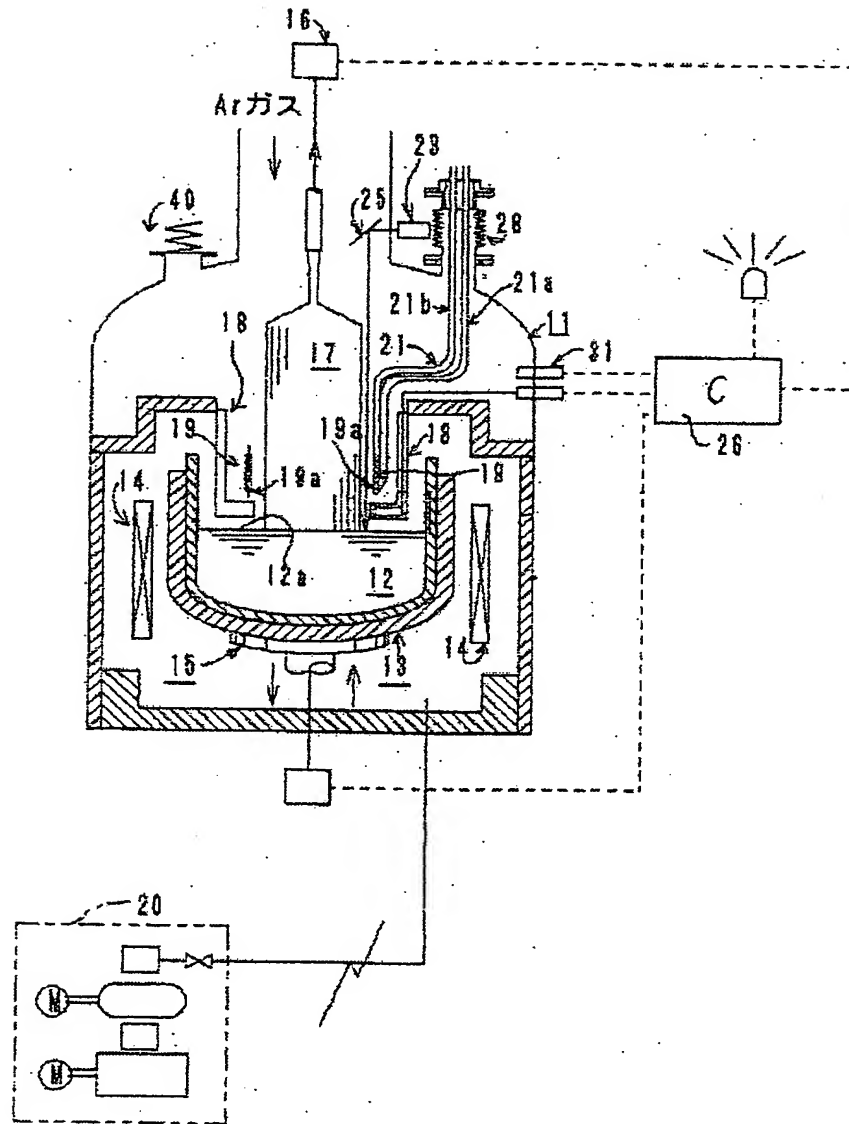
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 森本 茂夫
 神奈川県平塚市万田1200番地 株式会社小
 松製作所内
 (72)発明者 守屋 正人
 神奈川県平塚市万田1200番地 株式会社小
 松製作所内

(72)発明者 琴岡 敏朗
 神奈川県平塚市四之宮2612番地 コマツ電
 子金属株式会社内

Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF00 EG25 EH07
 EH09 EH10 FG11 HA12 PF03
 PF16 PF17 PF45
 5F053 AA12 BB04 DD01 FF04 GG01
 RR03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.